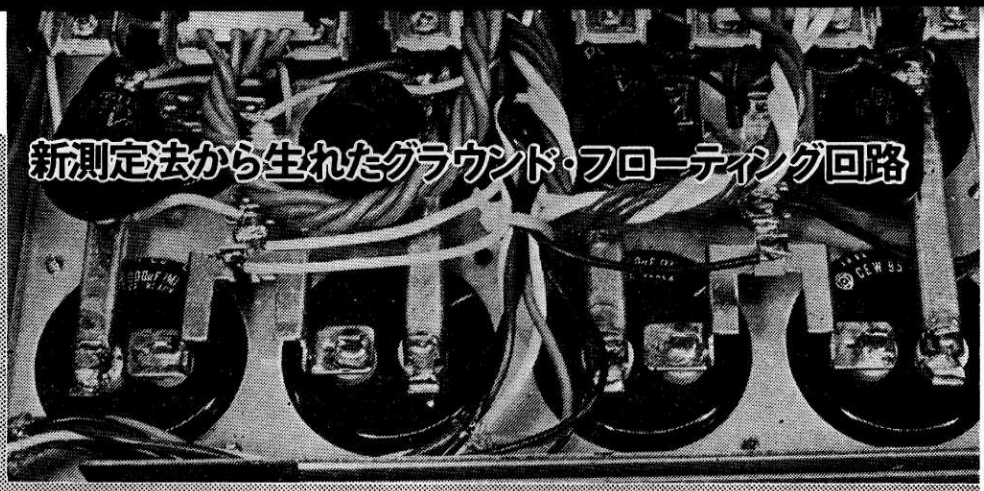


新測定法から生れたグラウンド・フローティング回路

パワー・アンプの動特性を解明する

IHMひずみとはどういうものか

平野紘一
田中　進

アンプの性能が測定限界に近づくにつれ，聴感との相関について悲観的な意見も一部に聞かれます．いったいどんな切口から眺めればアンプの特性と聴感が捕まえられるのか．この記事は新しい切口への一つの提案であり，また，具体的な回路の形での解決案を示したものといえましょう．（編）

はじめに

数あるオーディオ機器のなかで，オーディオ・アンプは最も完成度の高いコンポネントといわれています．事実ここ数年のアンプの静特性はすばらしく，測定限界にまで達しようとしています．しかし，このような状況においてもアンプによる音質の相違はあり，また音質向上のための努力は止まることなく，日夜続けられています．

私たちは，アンプは最終的にはスピーカを接続し，プログラム・ソースを入力し，音として認識し，評価するものであるから，測定データとともにヒアリング・テストをも重視すべきだと考えています．

またヒアリング・テストの結果が，時間や場所を変えることによって，表面的に評価結果がバラツキ，統計的に一見まとまりのないように見えても，その根底にある一定の傾向があり，かつ，これらが再現性のあるものであれば，そこには何か科学的に解明されるべきものがあると考えます．

ある時期には，アンプを測定しても音質と結びついた差異が見つからず，アンプによる音質の微妙な違いは意味がないという考え方もありました．また現在でも，問題が多次元で多岐にわたるところから，測定による差異と音質との関連を検討することをあきらめアンプの各部分を変えてのヒアリング・テストのみによって方向を決定する行きかたが見られるのは，残念なことです．

測定法といっても，アンプが音楽のような入力信号によってスピーカをドライブしていることがある程度シミュレーションできるような方法が望ましく，いわゆる“動特性”測定法の開発が望まれます．

それでは，ここで簡単ではありますが，アンプと測定方法，そして聴感との相関を求めて今までたどってきた諸検討の経過と成果について述べてみることにし，次に，当社が，アンプとアース回路とスピーカ逆起電力との間に引き起こされて発生した干渉ひずみ（IHM＝Interface Hum Modulation）を発見し，IHMを大幅に改善した新開発のグラウンド・フローティング回路についてご紹介します．

静特性と聴感の関係

(1) 周波数応答

周波数特性は最も基本的なものとされ，アンプ開発の流れとしてワイド・レンジ化は技術者の主要なターゲットの1つとされてきたように思えます．

DCアンプの技術開発が進んだ現在においては，低域はDC領域にまで及んでいますし，また高域に関しても，数百kHzまで伸ばすことは難しいことではありません．しかしながら，このようなワイド・レンジのアンプを作りさえすれば音質がよいとは限らず，周波数応答のみでは音質の良し悪しを捉えきれない面があります．

全体的には，アンプ自体を安定にワ

テム全体の評価に有効と考えられました.

しかし，デジタル技術が格段に進歩した現在では，この測定法をもう一度見直し検討してみたら，興味ある果結が得られると考えています.

(2) 非直線ひずみに対する応答

アンプの入力に非対称波形（非対称方形波）を使用するもので，早稲田大学の平田氏により提唱されています（第5図）.

アンプの動作点は電源の変動等により動かされやすいので，非対称波形による測定は，非常に興味ある方法と考えられますし，聴感上の相関も高いのではないかと予測されます．たとえば音質上の力強さや音像定位の安定度の表現などがこれにあたるのではないかと思います．アンプの測定方法としては今後，有効な手法になるのではないかと期待しています.

(3) TIM (Transient Inter Modulation)

TIMひずみの存在は1970年フィンランドのオタラ(Matti Otalla)氏によって発表され，以来何人もの研究者，技術者によって研究されてきました．発表当時，話題を呼び，根本的な追究がなされないままにDCアンプ時代に突入したわけです．ですから，1976年あたりには次のような事態が存在していました．周波数特性はDCから500kHzと超ワイド，調波ひずみ率も当時として画期的な0.005%以下などのアンプが出現していますが，中にはこのようなハイ・スペック・アンプが必ずしも音質がすぐれているわけでもなく，むしろスペックの劣ったアンプや真空管アンプの方が良好の場合すらあったのです.

そこでの対症療法としては，NFB量をへらしたり，入力のフィルタを厳重にしてナロー・レンジとするなどの消極的対応しかとられなかったようです.

ここで改めてTIMの発生原因を振り返ってみると，第6図に示すようにアンプにステップ入力を入れると，オープン・ループの状態では立上がりの時間遅れが発生します，この状態でNFBをかけなければ，出力波形がなまるだけでTIMひずみは発生しません.

しかし，NFBをかけるとサミング・ポイントでは時間遅れのあるフィードバック信号と演算され，過渡的入力信号に対し過渡的にフィードバックがはずれる現象が起り，アンプ内部で電流がクリップし出力波形のスルーレイトが悪化します．このスルーレイトの悪化した出力はフォール・ダウン現象によって，入力された以外の低い周波数帯域にノンリニア成分を発生する，これがTIMひずみの正体です．この成分は入力信号とまったくハーモニックス関係がなく，著しく音質を悪化させることが知られています.

現在では，2ポール位相補償の採用やプリドライブ段の電流増幅マージンを十分とることによってTIMの問題は解決できるようになりました.

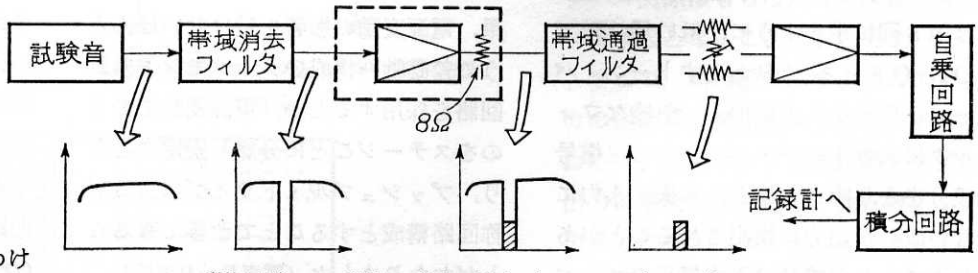
なお，TIMの定量的測定法としては，1978年，サンスイより提案されたsaw-tooth法(第7図)が写真A，Bに示すようにフォール・ダウン現象をよく検出することができ，ヒアリング・テストの結果ともよく対応します.

これを契機に，各種アンプのTIMひずみ特性が大幅に改善されてきたのは喜こばしいことです.

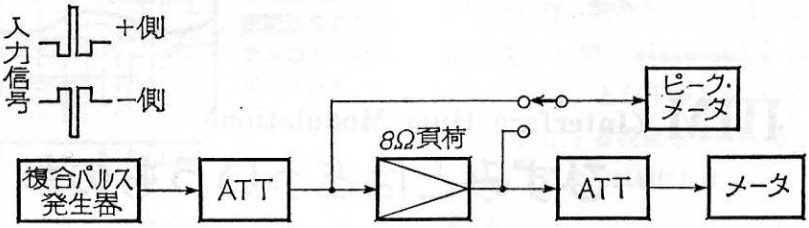
(4) エンベロープひずみ

TIMひずみは主として中高音帯域に問題があるものの，その他に音楽のもつ力強さ・音像定位の明確さなどで相違のあるアンプが存在するのは，よく体験されることと思います.

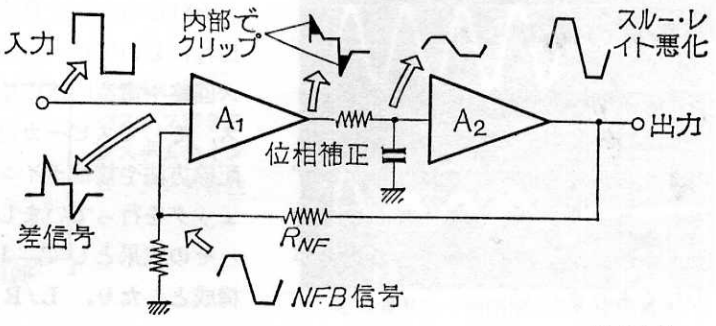
このような現象は，入力信号のエンベロープ変化に対してアンプ出力が変動し，入力にない新たなひずみ成分(主として中低域成分として）が発生する結果生ずるのではないかと考えられます．実際，音楽信号のような複雑な波形が入力された時，この信号のエンベロープに応じて電源電圧が変動し，入力段のバイアス電圧を変化させ，新たなひずみを発生する可能性は十分あり



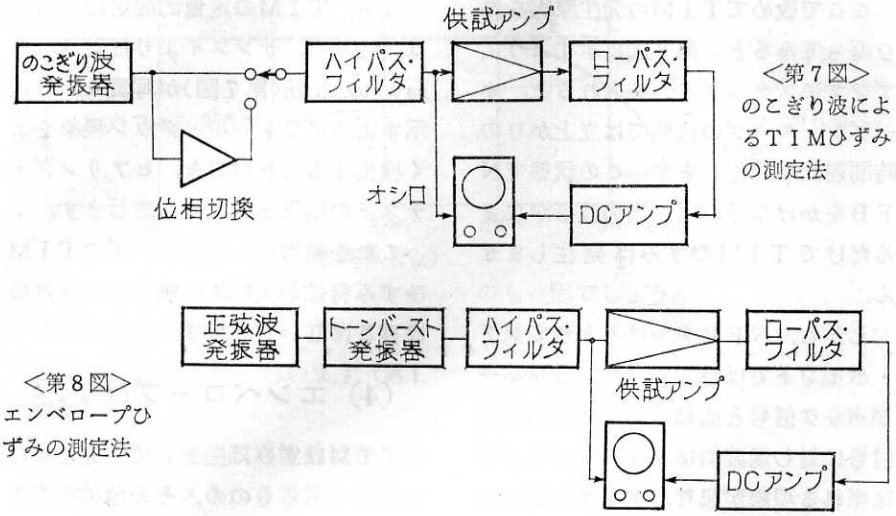
<第4図> 二階堂ひずみの測定ブロック・ダイアグラム



<第5図> 平田氏による非直線ひずみの測定法

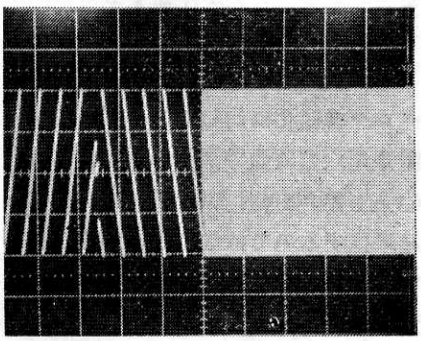


<第6図> TIMひずみの発生メカニズム

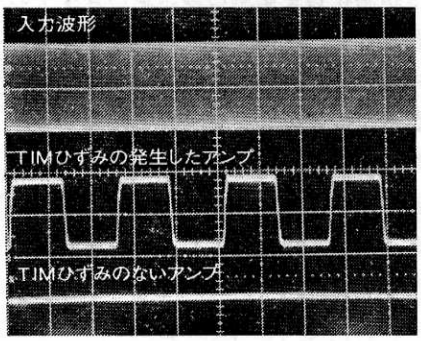


<第7図>
のこぎり波によるTIMひずみの測定法

<第8図>
エンベロープひずみの測定法



≪写真A≫ TIMひずみの測定信号波形



≪写真B≫ TIMひずみの波形

ます.

1978年，サンスイが提案した測定法は**第8図**に示すように，低い周波数でON-OFFをくりかえすトーン・バースト信号を入力に加え，急峻なフィルタによりトーン・バーストの主信号成分をとり除きますと，本来，入力にない成分が出力に検出されることがあります．この成分は入力信号のエンベロープに影響されるので，エンベロープひずみと命名したゆえんです.

このエンベロープひずみは検討の結果，電源変動の影響を受けないほんとうの差動動作構成のダイヤモンド差動回路を採用するとか，電源変動そのものをステージごとに分離し安定にしたり，プッシュプル・ドライブによる対称回路構成とすることで改善できることがわかりました（**写真C～D**参照）.

IHM (Interface Hum Modulation) ひずみとはどういうものか

発見の端緒

アンプの開発段階で静特性をチェックし，前述した動特性をも改善し，このような特性を同レベルにしたアンプでも，ヒアリング・テストにおいて音質上の差異が明確に指摘できる場合が少なくありません.

それから先の音質検討の段階では，当社においては，経験的に信号系アース回路や電源回路の給電，およびアース，そしてスピーカ出力アースなどの配線方法や接地ポイント等についてチェックを行っていました.

その成果として，L/R独立2電源構成としたり，L/R信号系アースを分離させたり，最近ではシャーシに銅メッキを施こしたりして，音質の改善を行うことができました.

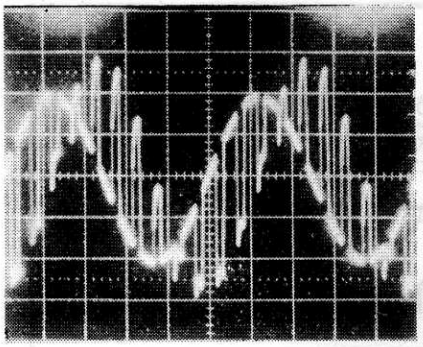
このような状況を考え合わせると，アンプのアース回路に何か重大なポイントがありそうなことがわかってきました．そこで，アンプをよくよく考えてみると，アンプは回路的には増幅回路，電源回路，アース回路で成立しています．従来のアンプは入力も出力もアース回路を基点として動作しています．電源も同様に，アース回路を基点としてアンプ増幅回路に電力を供給しています（**第9図**参照）.

このようなアース回路には入力信号の数nA程度の極微小電流が流れる一方，スピーカ出力のアース回路には数10Aの大電流が流れます．特に電源アース回路には整流回路での大電流のリップル成分が流れ込みます．この成分は入力成分にないノイズ成分であり，入力アース回路にわずかでも流れ込めば，不快なひずみとして音質上極めて有害と考えられます.

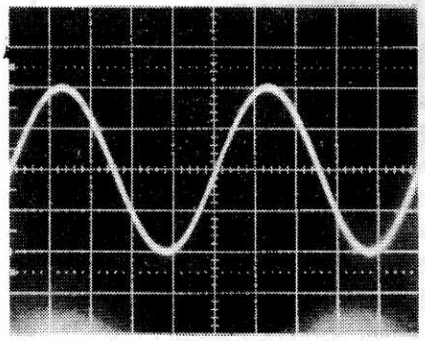
したがって，前述のアースや電源やシャーシに関する施策は，結果的にノイズ成分が隣接チャネルに流れ込まないようになったり，信号系のアース回路のルートをクリーンにすることに効果があったと推測できます.

もう少し掘り下げて考えると，増幅回路は増幅出力点でNFBとかFF（フィード・フォワード）によって出力電圧はクリーン化されるものの，出力のアース側はこの恩恵を受けにくいということができます．さらにアース回路は，以上に述べたアース回路にまつわる問題とともに，スピーカによる逆起電力の影響も受けやすいという推測が成り立ちます.

そこで，**第10図**に示すように，アンプの負荷にスピーカを接続して，動的状態に少しでも近い信号としてトーン・バースト信号をアンプの入力に加えてみます．ご存じのように，スピーカはアンプから電力を受けて音響信号に変換しているだけでなく，瞬間的には発電機となり，アンプ側に電力を送り



≪写真G≫ 普通の電源の電流波形

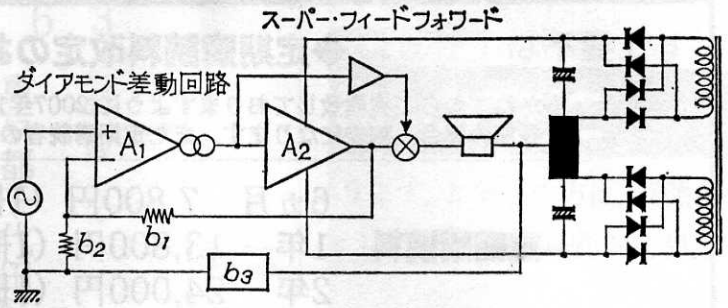


≪写真H≫ デュアル・ブリッジ電源の電流

らためて電源基準ラインに接続し，電源を構成するものです．

デュアル・ブリッジ電源はこのような構成となっているので，電源基準ラインには信号電流だけで，リップル電流が重畳することはなくなります（**写真H**参照）．したがって，デュアル・ブリッジ電源はアンプの出力回路のマイナス（アース）側に悪影響を与えることなく，グラウンド・フローティング回路のメリットを十分に生かすことができます．

AU-G EXTRA シリーズに搭載した具体回路では，**第18図**に示すように，プリドライブ段に電流増幅能力にすぐれたダイアモンド差動回路（TIMひずみの発生がない）とパワー段のひずみを改善するスーパー・フィード・フォワード・システムを合わせて用いています．電源回路は前述のデュアル・ブリッジ電源です．



＜第18図＞ 実際のグラウンド・フローティング電源の回路構成

グラウンド・フローティング回路では，L/R 独立電源構成となるため，電源変動の影響が各チャネル内で処理でき，他方のチャネルに影響を与えることがなく，エンベロープひずみも原理的に良くなる側面も持ち合わせています．

一方，経済的にはステレオ・アンプでブリッジ電源回路が4組，LR別電源（電解コンデンサは最低4個必要）を要するので，やや不利な面はあります．しかし，このようなデメリットを補なってあまりある音質上のメリットがあります．

以上まとめると，具体的なグラウンド・フローティング回路は次のような特長を持っています．

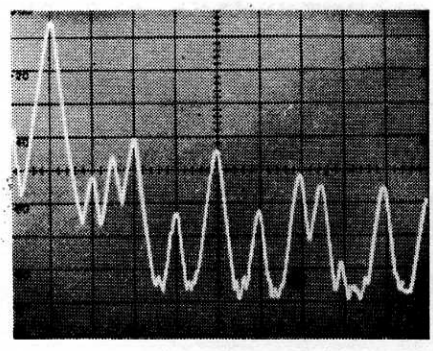
①電源回路およびアンプ出力のアース回路をアースからフローティングして入力アース回路から分離し，大電流の流れる電源～パワー段～スピーカ間をクローズド・ループとしたこと．

②その結果，大電流がアンプから出力されても，入力アース系回路に影響を与えなくなったこと．

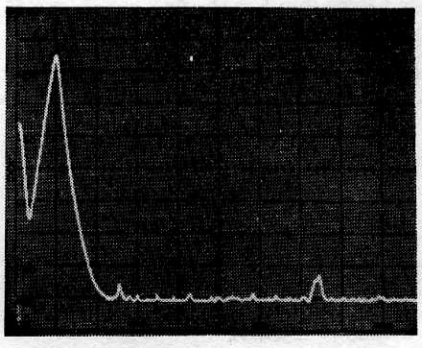
③整流回路をデュアル・ブリッジ方式とし，リップル電流がアンプ出力のマイナス点に流れ込まないようにし，アンプ出力部のクリーン化を計ったこと．

以上の特長に加えて，L/R 独立2電源構成とし，プリドライブ段を電流増幅アンプとして構成，パワー段のひずみを改善するスーパー・フィードフォワードもそのまま搭載した結果，IHMひずみが極限まで改善され，音質上非常に良好なアンプが実現できたと考えています．

（山水電気㈱）



≪写真I≫ IHMひずみの大きいアンプ



＜写真J＞ IHMひずみの良いアンプ

参考文献

(1) 新しいひずみ測定法と聴感の関係＝二階堂誠也「ラジオ技術」1969.10
(2) 聴感と物理特性の関連性を探る＝平田能睦「無線と実験」1979.5
(3) 非直線歪み計について＝平田能睦「無線と実験」1979.5
(4) TIMひずみ測定方法（高橋，船田）1978.8 電子通信学会，電気音響研究会
(5) Design and Construction of High Slew Rate Ampliphier Takahashi & Chikasige AES. 60th. 1978
(6) A New Method of Measuring Transient Intermodulation Distorsion: A comparison with the Conventional Method S. Takahashi, S. Tanaka AES. 60th 1979
(7) Envelope Distorsion S. Takahashi, S. Tanaka AES. 60th 1978
(8) Interface Hum Modulation S. Takahashi, S. Tanaka AES. 70th 1981